

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

PAT-NO: JP02001133387A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001133387 A
TITLE: ULTRA-FINE PARTICLE CLASSIFYING
DEVICE
PUBN-DATE: May 18, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|-------------------|---------|
| MAKINO, TOSHIHARU | N/A |
| SUZUKI, NOBUYASU | N/A |
| YOSHIDA, TAKEHITO | N/A |
| YAMADA, YUKA | N/A |

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|---|---------|
| MATSUSHITA RESEARCH INSTITUTE TOKYO INC | N/A |

APPL-NO: JP11317882

APPL-DATE: November 9, 1999

INT-CL (IPC): G01N015/02, B03C007/12 , G01N027/60

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To exhaust a sealing gas, efficiently at a high exhausting speed, in a differential-type electricity mobility classifying device in order to operate the classifying device at a pressure lower than the atmospheric pressure.

SOLUTION: This differential-type electricity mobility classifying device has dimensions reduced by changing the shape of the device from

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開番号

特開2001-133387

(P2001-133387A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

| (51) IntCl ⁷ | 識別記号 | F I | キーワード (参考) |
|-------------------------|------|---------------|-------------|
| G 0 1 N 15/02 | | G 0 1 N 15/02 | F 4 D 0 5 4 |
| B 0 3 C 7/12 | | B 0 3 C 7/12 | |
| G 0 1 N 27/60 | | G 0 1 N 27/60 | A |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-317882

(22) 出願日 平成11年11月9日 (1999.11.9)

(71) 出願人 390010021

松下技研株式会社

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号

(72) 発明者 牧野 俊晴

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

(72) 発明者 鈴木 信晴

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

(74) 代理人 100105050

弁理士 鷲田 公一

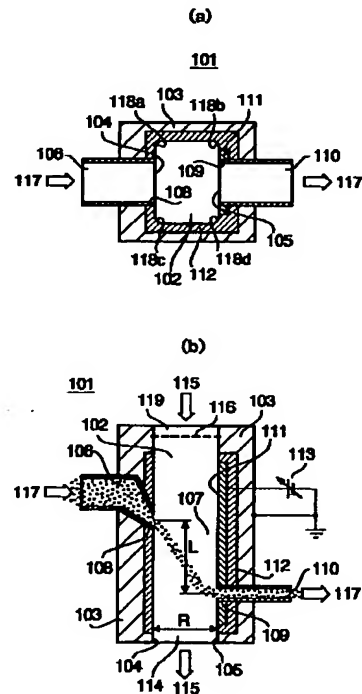
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超微粒子分級装置

(57) 【要約】

【課題】 微分型電気移動度分級装置を大気圧より低圧で動作させるために、微分型電気移動度分級装置内のシーsgスを効率良く、高排気速度で排気すること。

【解決手段】 本発明は、微分型電気移動度分級装置の形状を二重円筒型から矩形型に改良し、微分型電気移動度分級装置の装置寸法を小さくすることにより、微分型電気移動度分級装置内のシーsgスを効率良く、高排気速度で排気ができるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 直線的に層流として流れるシースガス流路に略平行に設置され、導入された荷電超微粒子を粘性流体中で静電界が印加された際の荷電粒子の粒径に依存した電気移動度を利用して分級し、前記シースガス流路に沿った断面形状が略矩形型である分級領域を具備したことを特徴とする超微粒子分級装置。

【請求項2】 前記シースガス流路に略平行に設置され、荷電された超微粒子を前記分級領域に噴出するための超微粒子噴出機構を有し、形状が略矩形である第1の平面部と、前記分級領域を挟んで前記第1の平面部に平行に配置され、前記分級領域で分級された均一粒径の超微粒子を選別するための超微粒子選別機構を有し、形状が略矩形である第2の平面部と、を具備し、前記超微粒子分級領域は、前記第1の平面部と前記第2の平面部とに挟まれることにより形成されていることを特徴とする請求項1に記載の超微粒子分級装置。

【請求項3】 前記分級領域の断面積が、前記シースガス導入口に接続されたシースガス配管の断面積と同等か大きくなされていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の超微粒子分級装置。

【請求項4】 前記シースガス導入口に接続されたシースガス配管の断面形状が、前記分級領域の断面形状へと連続的に変化するようになされていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【請求項5】 前記分級領域断面の四隅が円形に面取りしてあることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【請求項6】 超微粒子を取り込むための取込部と、取り込まれた超微粒子を荷電するための荷電部と、荷電された超微粒子を分級するための請求項1に記載の超微粒子分級装置と、分級された超微粒子の濃度計測や基板への堆積を行う検出部と、前記超微粒子分級装置および前記検出部下流に設置されたシースガスおよびキャリアガスを排気するための差動排気手段とから構成され、大気圧以下で動作することを特徴とする超微粒子分級検出装置。

【請求項7】 前記超微粒子分級装置の分級領域の動作圧力が50 Torr以下であることを特徴とする請求項6記載の超微粒子分級検出装置。

【請求項8】 前記取込部から前記検出部まで超微粒子が搬送されるのに要する時間が1秒以内であることを特徴とした請求項6または請求項7に記載の超微粒子分級検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は超微粒子分級装置に関するものであり、特に静電界中での荷電粒子の粒径に依存した電気移動度を利用した微分型電気移動度分級装

置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、静電界中での荷電粒子の粒径に依存した電気移動度を利用した超微粒子分級装置である微分型電気移動度分級装置は、サブミクロンの超微粒子を高効率で捕集分離する高性能エアフィルターの性能テストや、浄化雰囲気モニタリング等における標準エアロゾルの生成および超微粒子の粒径測定に用いられてきた。

【0003】 図4は、例えばエアロゾル研究Vol. 2, No. 2, p106 (1987) あるいは粉体工学学会誌Vol. 21, No. 12, p753 (1984) に記載された、従来の微分型電気移動度分級装置400の概略図である。

【0004】 図4において、荷電された超微粒子401はキャリアガス402により搬送され、二重円筒型分級装置の上端部から流入し、内側を流れるシースガス403である清浄空気と合流する。荷電された超微粒子401とシースガス403の混合ガスは、層流として二重円筒部分を流れる。この二重円筒部分では、前記の混合ガスの流れの方向と垂直に、直流電源404により静電界が印可されている。従って荷電された超微粒子401は各々の電気移動度に応じた軌道を描く。前記電気移動度は超微粒子401の粒径に依存しているため、ある特定粒径の超微粒子401だけが下部のスリット405に達し、分級されてキャリアガス排気口406より取り出される。その他の粒径の超微粒子は、シースガスと共にシースガス排気口407から排気されるか、あるいは内側の集電極408へ移動、付着する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 希ガス中パルスレーザ一堆积法により粒径が数nmから数十nmの超微粒子を生成する場合、その雰囲気ガス圧力は通常、数Torrから数百Torrである。従って希ガス中パルスレーザ一堆积法により生成した超微粒子を、差圧により搬送し分級するためには、微分型電気移動度分級装置は前記雰囲気ガス圧力より低い圧力で動作する必要がある。ここで、図4に示した従来の二重円筒型分級装置の場合、例えば粉体工学学会誌Vol. 21, No. 12, p753 (1984) に記載された装置寸法は $L=400\text{mm}$, $R_1=15\text{mm}$, $R_2=25\text{mm}$ であり、二重円筒型分級装置内を流れるシースガス容量は大きく、シースガスとして大量の清浄空気を必要とする。従って、従来の二重円筒型分級装置を前記雰囲気ガス圧力より低い圧力で動作させるためには、排気速度の大きい、大型の真空ポンプが必要となる。

【0006】 さらに、この二重円筒型分級装置を動作させて、実際に超微粒子を分級し検出するのに必要な(荷電部、超微粒子分級部、検出部、真空ポンプ等を含めた)超微粒子分級検出装置全体の寸法が大型になる。こ

れにより、前記超微粒子分級検出装置を取り付けられるかどうかは、超微粒子生成装置側の形状や大きさに依存してしまう。

【0007】また、キャリアガスにより搬送される超微粒子は、その搬送時間が長い（搬送距離が長い）場合、搬送途中で凝集してしまう。従って、生成された超微粒子の粒径や形状を保持したまま微分型電気移動度分級装置により分級し、検出するには、前記凝集の影響を小さくする必要がある。

【0008】本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、微分型電気移動度分級装置を大気圧より低圧で動作させるために、微分型電気移動度分級装置内のシースガスを効率良く、高排気速度で排気することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、微分型電気移動度分級装置の形状を二重円筒型から矩形状に改良し、微分型電気移動度分級装置の装置寸法を小さくした。これにより、微分型電気移動度分級装置内のシースガスを効率良く、高排気速度で排気できる。この結果、微分型電気移動度分級装置を大気圧より低圧で動作することができる。

【0010】また、本発明は、微分型電気移動度分級装置内のシースガス容量を小さくし、シースガスの排気効率（シースガス流入容量に対する排気容量の比率）を向上させた。

【0011】さらに、本発明は、微分型電気移動度分級装置を小型化し、シースガスの排気効率を向上させた事により、より小さい排気量（すなわち、より小型）の真空ポンプでの微分型電気移動度分級装置の低圧動作を可能とした。これにより、荷電部、超微粒子分級部、検出部、真空ポンプ等を含めた超微粒子分級検出装置全体を小型化し、どのような形状の超微粒子生成装置にも取り付け可能で、持ち運び可能で、汎用性の高い超微粒子分級装置を実現した。

【0012】また、前記超微粒子分級検出装置の小型化により、取込から分級・検出に要する超微粒子の搬送時間（搬送距離）を短くすることができ、超微粒子の搬送過程での凝集の影響を小さくすることが可能となった。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の第1の態様にかかる超微粒子分級装置は、直線的に層流として流れるシースガス流路に略平行に設置され、導入された荷電超微粒子を粘性流体中で静電界が印加された際の荷電粒子の粒径に依存した電気移動度を利用して分級し、前記シースガス流路に沿った断面形状が略矩形状である分級領域を具備した。

【0014】この構成により、断面略矩形状の分級領域で、超微粒子を分級することが可能となる。これにより、分級領域内のシースガス容量を小さくし、シースガ

スの排気効率（シースガス流入容量に対する排気容量の比率）を向上させることができる。この結果、小さい排気量（すなわち、より小型）の真空ポンプでの超微粒子分級装置の低圧動作が可能となった。

【0015】本発明の第2の態様は、第1の態様にかかる超微粒子分級装置において、前記シースガス流路に略平行に設置され、荷電された超微粒子を前記分級領域に噴出するための超微粒子噴出機構を有し、形状が略矩形状である第1の平面部と、前記分級領域を挟んで前記第1の平面部に平行に配置され、前記分級領域で分級された均一粒径の超微粒子を選別するための超微粒子選別機構を有し、形状が略矩形状である第2の平面部と、を具備し、前記超微粒子分級領域は、前記第1の平面部と前記第2の平面部とに挟まれることにより形成されている。

【0016】従来の二重円筒型の微分型電気移動度分級装置において、単一な粒径の超微粒子を分級するためには、円筒の半径方向に当方的な流れを形成する必要がある。このため、超微粒子分級装置から多方向へのシースガスの排気等を行うことのできる構造が必要である。この構造を実現するためには、装置の外形寸法は大きくなる。しかしながら、本発明の第2の態様に示した構成にすれば、ガスの多方向への排気等を行う必要はなく、従って、超微粒子分級装置の外形寸法を小さくすることが可能となる。

【0017】本発明の第3の態様は、第1の態様または第2の態様にかかる超微粒子分級装置において、前記分級領域の断面積が、前記シースガス導入口に接続されたシースガス配管の断面積と同等か大きくなされている。

【0018】このように、分級領域の断面積をシースガス導入口上流の配管の断面積と同等まで小さくすることにより超微粒子分級領域内のシースガス容量を小さくし、シースガス排気口下流に設置する真空ポンプの有効排気速度・排気容量を低減化することができる。また、分級領域の断面積をシースガス導入口上流の配管の断面積と同等にした場合は、シースガス導入口前後での急激なコンダクタンスの変化を防ぎ、シースガスの流れに淀みが生じるのを抑制することができる。

【0019】本発明の第4の態様は、第1の態様から第3の態様のいずれかにかかる超微粒子分級装置において、前記シースガス導入口に接続されたシースガス配管の断面形状が、前記分級領域の断面形状へと連続的に変化するようになされている。

【0020】この構成により、シースガス導入口前後での急激なガス流路形状の変化を防ぐことによりシースガス流の乱れを抑制し、層流を保つという作用を有する。

【0021】本発明の第5の態様は、第1の態様から第4の態様のいずれかにかかる超微粒子分級装置において、前記分級領域断面の四隅が円形に面取りしてある。

【0022】このように面取りすることにより、シースガス導入口上流の円筒形配管から流入してくるシースガ

スが、矩形型超微粒子分級領域内に層流に保たれやすくなるという作用を有する。

【0023】本発明の第6の態様にかかる超微粒子分級検出装置は、超微粒子を取り込むための取込部と、取り込まれた超微粒子を荷電するための荷電部と、荷電された超微粒子を分級するための請求項1に記載の超微粒子分級装置と、分級された超微粒子の濃度計測や基板への堆積を行う検出部と、前記超微粒子分級装置および前記検出部下流に設置されたシースガスおよびキャリアガスを排気するための差動排気手段とから構成され、大気圧以下で動作する。

【0024】この構成により、大気圧以下の圧力で生成された超微粒子を取込部で取込み、荷電部でイオン化しつつ、差動排気で超微粒子分級装置に搬送し、分級した後、検出部で検出することが可能となる。

【0025】本発明の第7の態様は、第6の態様にかかる超微粒子分級検出装置において、超微粒子分級装置の分級領域の動作圧力が50 Torr以下である。

【0026】この構成により、50 Torr以下の圧力で生成された超微粒子を取込部で取込み、荷電部でイオン化しつつ、差動排気で超微粒子分級装置に搬送し、分級した後、検出部で検出することが可能となる。

【0027】本発明の第8の態様は、第6の態様または第7の態様にかかる超微粒子分級検出装置において、取込部から検出部まで超微粒子が搬送されるのに要する時間が1秒以内である。

【0028】このように超微粒子が取り込まれてから検出されるまでの搬送時間を短くすることにより、搬送過程における超微粒子の凝集の影響を小さくすることが可能となる。

【0029】以下、本発明の一実施の形態について、添付図面を用いて詳細に説明する。

【0030】まず、図1(a)および図1(b)を用いて上記実施の形態にかかる超微粒子分級装置について説明する。図1(a)は、上記実施の形態にかかる超微粒子分級装置を上面から見た断面図であり、図1(b)は、上記実施の形態にかかる超微粒子分級装置を側面から見た断面図の概略図である。上記実施の形態にかかる超微粒子分級装置は、従来の超微粒子分級装置を大気圧より低圧で動作させるために改良したものである。超微粒子分級装置を大気圧より低圧で動作させるためには、超微粒子分級装置内のシースガスを効率良く、高排気速度で排気する必要がある。発明者らは、この課題を解決するために、超微粒子分級装置の断面形状を従来の二重円筒型から矩形型に改良している。

【0031】超微粒子分級装置101は、断面形状が矩形であり、内部に断面略矩形的空間部102を有する外殻部103から構成されている。外殻部103の左右の両内側面には、夫々一定の間隔Rで平行に設置された平面部A104、平面部B105が形成されている。平面

部A104および平面部B105の形状は、ともに矩形になされている。

【0032】外殻部103の平面部A104側であって、中央やや上方には、荷電された超微粒子を含むキャリアガス117を搬送し導入するためのキャリアガス導入口106が設けられている。また、平面部A104のキャリアガス導入口106の近傍には、導入された荷電超微粒子を含むキャリアガス117を分級領域107へ噴出する超微粒子噴出機構であるキャリアガス噴出口108が設けられている。

【0033】分級領域107は、平面部A104および平面部B105により挟まれた一定間隔Rの空間と、キャリアガス噴出口108および均一粒径の超微粒子を選別するスリット109から構成される。

【0034】また、外殻部103のスリット109の近傍であって、外側の側面には、均一粒径に選別された超微粒子を取り出すためのキャリアガス排気口110が設けられている。

【0035】また、外殻部103の分級領域107側の側面には、金属平板111が設けられている。つまり、平面部B105の分級領域107側の側面部分は、金属平板111で構成されている。また、外殻部103の平面部B105に対して金属平板111の外側の側面には、絶縁体112が設けられている。これにより、金属平板111は絶縁体112により完全に絶縁されている。また、絶縁体112は、外殻部103の平面部B105の部分を除いて、外殻部103の内側部を覆うように設けられている。

【0036】また、外殻部103の平面部B105側には、直流電圧電源113が接続されている。そして直流電圧電源113により、外殻部103の外側は接地されている。また、金属平板111は、直流電圧電源113によりプラスあるいはマイナスの電圧がかけられている。

【0037】また、分級領域107のシースガス流路の上流には、シースガス導入口119が設けられており、また分級領域107のシースガス流路の下流には、シースガス排気口114が設けられている。シースガス導入口119の下流であって外殻部103の内部には、シースガス導入口119から導入されるシースガス115を均一な流れにするためのフィルター116が設けられている。また、シースガス導入口119の上流には、シースガス導入口119にシースガス115を導入するシースガス配管が設けられている。

【0038】次に、図1に示す超微粒子分級装置101において、以下に示す動作により超微粒子の分級を行った。シースガス115はシースガス導入口119より超微粒子分級装置101に導入され、フィルター116を通過した後、分級領域107を層流状態で通過しシースガス排気口114より排気される。一方、荷電された超

微粒子はキャリアガス117により搬送され、キャリアガス導入口106より超微粒子分級装置101に導入され、キャリアガス噴出口108より分級領域107へ噴出される。

【0039】上記分級領域107には、平面部A104および平面部B105間に直流電圧電源113によりシースガス流に垂直な方向に静電界が印加されているため、キャリアガス噴出口108より噴出された超微粒子は、シースガス115により下方に搬送されつつ、その荷電数と粒径に依存した電気移動度に応じた軌跡を描きながら平面部A104から平面部B105の方向に偏曲される。上記偏曲された超微粒子において、平面部B105下部に設けたスリット109に到達したもののみが分級された超微粒子としてキャリアガス排気口110より取り出される。

【0040】図1に示した超微粒子分級装置101における分級分解能を向上させるためには、分級領域107を通過するシースガス115が層流状態になっている必要がある。この層流状態を実現するためには、分級領域107断面の形状として、淀みの生じ易い鋭角的な形状は避け、できる限り滑らかな曲線であることが望ましい。従って、矩形型の超微粒子分級装置101の分級領域107の断面の四隅118a~118dは、円形に面取されている。これにより、シースガス115のより一様な層流状態を作り出すことができ、超微粒子分級装置101の超微粒子の分級分解能を向上させることを可能とした。

【0041】一般に、管の排気コンダクタンスは、粘性流領域では、その管の断面積の2乗に比例する。そこで、超微粒子分級装置101の分級領域107の断面積を、シースガス導入口119上流でのシースガス配管の断面積と同等か、より大きくすることにより、超微粒子分級装置101の分級領域107のコンダクタンスを、シースガス導入口119上流でのシースガス配管のコンダクタンスと同等か、より大きくした。これにより、シースガス配管からシースガス導入口119を通して分級領域107に流入するシースガス115に淀みをなくし、分級領域107を通過するシースガス115が層流状態になることを可能とした。

【0042】さらに、シースガス導入口119上流のシースガス配管断面の形状を、超微粒子分級装置101の分級領域107断面の形状へと連続的に変化させ、シースガス導入口119前後での急激なシースガス流路形状の変化を防ぐことにより、シースガス流の淀みや乱れを抑制し、分級領域107を通過するシースガス115が層流状態になることを可能とした。すなわち、良好な分級性能を持った超微粒子分級装置101の実現を可能とした。

【0043】特に、超微粒子分級装置101の分級領域107の断面積が、シースガス導入口119上流でのシ

ースガス配管の断面積と同程度の場合は、シースガス導入口119前後での滑らかで連続的なシースガス流路形状の変化は、シースガス流が層流状態を保持するのに極めて有効である。

【0044】図2は、本発明の一実施の形態にかかる超微粒子分級検出装置の構成図である。上記実施の形態にかかる超微粒子分級検出装置により、生成した超微粒子を荷電し、図1に示した超微粒子分級装置101を用いて分級し、検出することが可能となる。

【0045】まず、超微粒子分級検出装置200の全体構成について説明する。超微粒子分級検出装置200は、生成した超微粒子を取り込むための取込部201と、取込部201により取り込まれた超微粒子をイオン化するための荷電部202と、荷電部202により荷電された超微粒子を分級するための分級部203と、分級部203により単一粒径に分級された超微粒子の基板への堆積および粒径計測を行うための検出部204とから構成される。

【0046】取込部201と分級部203とは超微粒子搬送管205で連結されており、荷電部202は、前記超微粒子搬送管205の途中に設置されている。分級部203と検出部204とは分級後超微粒子搬送管206で連結されている。

【0047】次に、超微粒子分級検出装置200の各部の構成について説明する。まず取込部201について説明する。取込部201には、超微粒子生成室207が設けられている。超微粒子生成室207には、超微粒子生成室207の内部を減圧するための真空排気系208と、超微粒子搬送管205と、導入窓209とが設けられている。導入窓209により、光源から出射されたパルスレーザービームを超微粒子生成室207内に設置された図示しない固体ターゲットに向けて導入することができる。固体ターゲットから放出された超微粒子は、超微粒子搬送管205を介して、荷電部202へ送給される。超微粒子搬送管205の一端は、超微粒子生成室207内の固体ターゲット設置部分近辺まで延びている。また、超微粒子搬送管205の先端には、図示しない超微粒子取込口が設けられている。超微粒子取込口は、超微粒子生成室207で生成された超微粒子を収集する。

【0048】また、真空排気系208として、ターボ分子ポンプ210が超微粒子生成室207に接続されている。また、ターボ分子ポンプ210には、ロータリーポンプ211が接続されている。

【0049】また、超微粒子生成室207には、ドライポンプ212が接続されている。ドライポンプ212は、超微粒子生成室207の内部に雰囲気希ガスが導入された際、これを差動排気し、一定の雰囲気希ガス圧力を設定する働きをする。さらに、超微粒子生成室207には、マスフローコントローラ213が接続されている。マスフローコントローラ213は、超微粒子生成室

207の内部に導入する雰囲気希ガスの流量を制御する。

【0050】次に荷電部202について説明する。超微粒子搬送管205には、超微粒子をイオン化する荷電部202が設けられている。荷電部202内部には、放射性同位元素の一つであるアメリシウムAmを設置している。これにより、荷電部202を通過する超微粒子を荷電する。さらに、荷電部202で超微粒子をArFエキシマレーザー光（波長193nm）のような高密度紫外光源で荷電することにより、高効率で超微粒子を単極荷電することができる。これにより、分級される超微粒子の収率を向上することができる。なお、この形態ではArFエキシマレーザー光を用いたが、紫外光源としてエキシマランプや真空紫外（Deep Ultra Violet：DUV）ランプを用いることもできる。

【0051】次に分級部203について説明する。分級部203の荷電部202に連なる位置には、超微粒子分級装置101が設置されている。超微粒子分級装置101は、図1に示した矩形型の超微粒子分級装置101で構成されている。超微粒子分級装置101には、マスフローコントローラ214が設けられている。マスフローコントローラ214は、超微粒子を分級する際に不可欠となる、超微粒子分級装置101内部に導入するシースガス115の流量を制御する。

【0052】また、マスフローコントローラ214には、超微粒子分級装置101内に、シースガス115を搬送するためのシースガス搬送管が接続されている。また、超微粒子分級装置101底部には、超微粒子分級装置101の内部のシースガス115を排気するためのシースガス差動排気系215が設けられている。また、超微粒子分級装置101の側壁には、超微粒子分級装置101で単一な粒径に分級済みの超微粒子を含むキャリアガス117を検出部204に搬送し、検出部204内部に噴出するための分級後超微粒子搬送管206が設けられている。

【0053】最後に検出部204について説明する。検出部204には、分級された超微粒子を堆積するための堆積室216が設けられている。また、堆積室216は、分級後超微粒子搬送管206を介して超微粒子分級装置101に接続されている。さらに、堆積室216には、堆積室216が一定圧力に保持されるようにキャリアガス117の差動排気を行うためのキャリアガス差動排気系217が設けられている。

【0054】また、堆積室216には、超微粒子分級装置101において分級された荷電状態の超微粒子が、図示しない堆積基板上に堆積される際に、超微粒子と基板との間で行われる荷電子の授受（電流）を測定する微小電流計218が設けられている。

【0055】図2に示す超微粒子分級検出装置200において、以下に示す動作により超微粒子の生成と、取込

と、荷電と、分級と、検出とを行った。

【0056】前記超微粒子生成室207内に、まず固体ターゲットを配置した後、真空排気系208により超微粒子生成室207内部を減圧し、その後マスフローコントローラ213を介して雰囲気希ガスを導入する。次に、ドライポンプ212により、雰囲気希ガスを差動排気し、一定の雰囲気希ガス圧力を設定する。次いで、その状態で超微粒子生成室207の外部の光源から出射されたパルスレーザービームを導入窓209を介して超微粒子生成室207に導入して、固体ターゲットにパルスレーザービームを照射する。パルスレーザーを固体ターゲットに照射することにより励起された固体ターゲット表面からは、原子、イオン、およびクラスタが射出される。これらは雰囲気希ガス分子（原子）とも衝突を繰り返すうちに、会合、融合し、気相中で超微粒子に成長する。この段階での超微粒子は粒径分布を持っている。生成された超微粒子は、超微粒子搬送管205の超微粒子取込口から収集されて、差動排気により超微粒子搬送管205を通過して荷電部202へ搬送される。

【0057】荷電部202を通過することによって荷電された超微粒子は、超微粒子搬送管205を通過して超微粒子分級装置101へ搬送される。

【0058】超微粒子分級装置101に搬送された超微粒子は、単一な粒径に分級され、キャリアガス117により分級後超微粒子搬送管206を通して、差動排気により堆積室216に搬送される。

【0059】堆積室216内部には、図示しない堆積基板が設置されており、超微粒子分級装置101から分級後超微粒子搬送管206を通して搬送されてきた単一粒径に分級済みの超微粒子は、前記堆積基板上に堆積される。堆積基板上に堆積された超微粒子は、電子顕微鏡観察や光学測定により、粒径や形状を評価される。また、堆積室216内に設置された微小電流計218により、超微粒子の粒子濃度が測定される。

【0060】図2に示した超微粒子分級装置101を大気圧より低圧力で動作させるためには、シースガス115を高排気速度で排気しなければならない。あるいは、限られた排気速度の真空ポンプで構成されたシースガス差動排気系215で効率よくシースガス115を排気しなければならない。本発明においては、従来の二重円筒型をした微分型電気移動度分級装置の形状を矩形型に改良することにより、分級領域107の断面積をシースガス導入口上流の配管の断面積と同程度まで小さくできる超微粒子分級装置101を実現した。これにより、超微粒子分級装置101内のシースガス容量を格段に小さくすることが出来、小型の真空ポンプで構成されたシースガス差動排気系215で効率良くシースガス115を排気し、超微粒子分級装置101の低圧力動作を実現した。

【0061】具体的には、例えば図1に示したシースガ

ス導入口119上流でのシースガス配管として直径0.5インチ(約12.7mm)の円筒配管を用い、超微粒子分級装置101の分級領域107の断面積を前記シースガス円筒配管の断面積と同程度(約130mm²)まで小さくした。キャリアガス噴出口108とスリット109の投影距離は20mmとした。これにより、超微粒子分級装置101内のシースガス容量を、図4に示した従来の微分型電気移動度分級装置の約200分の1にした。その結果、シースガス差動排気系215およびキャリアガス差動排気系217を構成する真空ポンプとして小型の130l/minのものをを用いた場合でも、図2に示した超微粒子分級検出装置200により20~50 Torrの低圧動作が可能となった。また、超微粒子分級装置101の分級領域107の断面の形状は長方形の四隅118a~118dを円形に面取りした形とし、前記シースガス円筒配管の円形断面から前記分級領域107の断面へと連続的に変化させ、シースガス導入口前後での急激なガス流路形状の変化を防ぐことにより、シースガス流の乱れを抑制し、層流を保った。

【0062】図2に示す取込部201により超微粒子分級検出装置200に取り込まれた超微粒子は、検出部204で検出されるまでに、キャリアガス117およびシースガス115の流速に依存した搬送時間を要する。一般に、ガス中に浮遊した超微粒子においては、ブラウン拡散の影響で超微粒子同士が会合・凝集し、超微粒子の粒径は時間とともに増大していく。また、前記凝集に伴い、ガス中に浮遊した超微粒子の個数濃度は時間とともに減少していく。基本的には、初期粒径の揃った超微粒子の場合、個数濃度は時間に反比例して減少する。また、ガス中に浮遊した超微粒子の初期個数濃度が大きい場合、超微粒子同士が凝集する割合も大きくなる。結果として、個数濃度の時間と初期個数濃度に対する依存性は、初期個数濃度の逆数とその時点の個数濃度の逆数の差が、時間に比例するとして表現される。従って、前記搬送時間が長いと、超微粒子の凝集の影響が無視できなくなる。この凝集の影響を小さくするためには、前記搬送時間を短くする(すなわち、キャリアガス117およびシースガス115の流速を速くするか、取込部201から検出部204までの距離を短くする)か、超微粒子の初期の個数濃度を小さくするかのいずれかが考えられる。このうち、超微粒子の初期の個数濃度は、超微粒子の生成方法にも依存する。従って、超微粒子分級検出装置200において、超微粒子分級装置101を小型化し、さらにシースガス差動排気系215およびキャリアガス差動排気系217を構成する真空ポンプも小型のものをを用い、取込部201から検出部204までの距離を短くするのが最も有効である。

【0063】図3に、ガス中に浮遊した初期粒径10nmの超微粒子における個数濃度の時間依存性を示す。図3より、例えば初期粒径10nmの超微粒子の初期個数

濃度が10¹²個/m³以下の場合、この初期個数濃度が半分になるのに要する時間は約1.0sec以上であることがわかる。つまり、取込部201から検出部204まで超微粒子が搬送されるのに要する時間が1.0秒以内である場合、超微粒子の個数濃度が半分にまで減少するのを抑制することができ、超微粒子の凝集の影響をかなり抑制することが可能といえる。

【0064】具体的には、図2に示した超微粒子分級検出装置200において、取込部201から検出部204までの搬送経路を直径0.5インチの配管とし、取込部201から検出部204までの搬送距離を50cmとした。またキャリアガス117の流速を1 SLM(0℃、1気圧下でのl/min)とした。この条件下において、超微粒子分級装置101の動作圧力が約50 Torrの時(すなわちキャリアガス配管内の圧力が約50 Torrの時)の超微粒子の搬送速度は約2.2m/secであり、搬送に要する時間は約0.23secと見積もられる。この取込部201から検出部204まで超微粒子が搬送されるのに要する時間が1.0秒以内である超微粒子分級検出装置200において、超微粒子分級装置101の動作圧力が20~50 Torrの時、粒径10nmの超微粒子を分級し検出することができた。

【0065】以上説明したように、上記実施の形態によれば、超微粒子分級装置101内のシースガス115を効率良く、高排気速度で排気できる。この結果、超微粒子分級装置101を大気圧より低圧で動作することができ、また、超微粒子分級装置101のシースガス容量を小さくし、シースガス115の排気効率(シースガス流入容量に対する排気容量の比率)を向上させた。さらに、超微粒子分級装置101を小型化し、シースガス115の排気効率を向上させた事により、より小さい排気量(すなわち、より小型)の真空ポンプでの超微粒子分級装置101の低圧動作を可能とした。

【0066】また、上記実施の形態によれば、超微粒子分級検出装置200全体を小型化することにより、持ち運びが簡単で、どのような種類の超微粒子生成装置にも取り付けが簡単に行える超微粒子分級検出装置200を提供できる。

【0067】また、上記実施の形態は、キャリアガス117により搬送される超微粒子の搬送時間を短くすることで、搬送途中での超微粒子の凝集を抑制することができる。これにより、生成された超微粒子の粒径や形状を保持したまま超微粒子分級装置101により分級し、検出できる。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、微分型電気移動度分級装置内のシースガスを効率良く、高排気速度で排気できるので、微分型電気移動度分級装置を大気圧より低圧で動作させることができる。

【0069】また、本発明によれば、大気圧以下の圧力

領域での動作も小型の真空ポンプで実現でき、装置全体も持ち運べる程度に小型化できる超微粒子分級検出装置を作製することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a) 本発明の一実施の形態にかかる超微粒子分級装置を上面から見た断面図

(b) 本発明の一実施の形態にかかる超微粒子分級装置を側面から見た断面図

【図2】上記実施の形態にかかる超微粒子分級検出装置の構成を示す図

【図3】ガス中に浮遊した初期粒径10nmの超微粒子における個数濃度の時間依存性を示す図

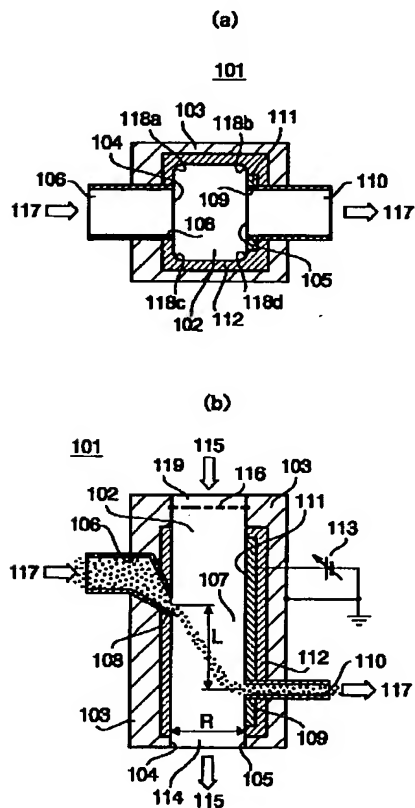
【図4】従来の微分型電気移動度分級装置の構成を示す図

【符号の説明】

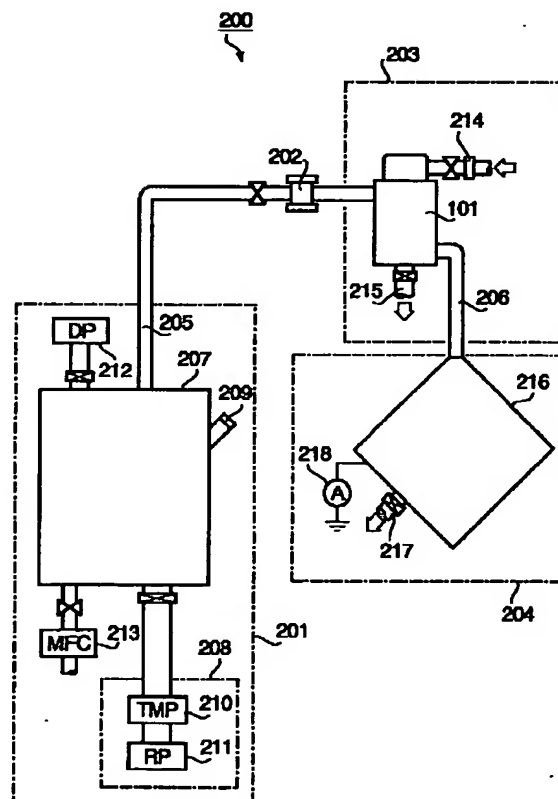
101 超微粒子分級装置
103 外殻部
104 平面部A
105 平面部B
106 キャリアガス導入口
107 分級領域
108 キャリアガス噴出口

109 スリット
110 キャリアガス排気口
111 金属平板
112 絶縁体
113 直流電圧電源
114 シースガス排気口
116 フィルター
200 超微粒子分級検出装置
201 取込部
202 荷電部
203 分級部
204 検出部
205 超微粒子搬送管
206 分級後超微粒子搬送管
207 超微粒子生成室
208 真空排気系
214 マスフローコントローラ
215 シースガス差動排気系
216 堆積室
217 キャリアガス差動排気系
218 微小電流計

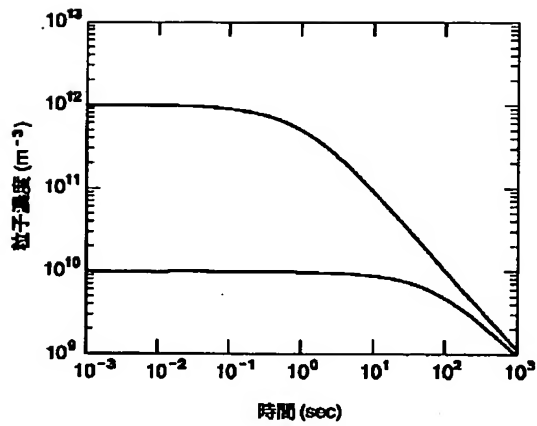
【図1】



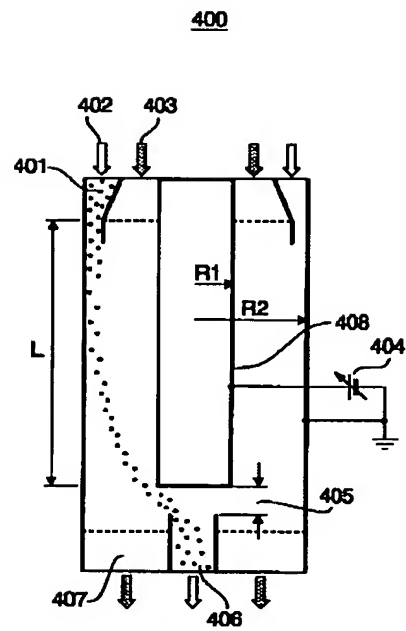
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 岳人
神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1
号 松下技研株式会社内

(72)発明者 山田 由佳
神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1
号 松下技研株式会社内
Fターム(参考) 4D054 GA02 GA10 GB06 GB09